

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-204207

(43)Date of publication of application : 19.07.2002

(51)Int.Cl.

H04B 10/02

H04J 14/00

H04J 14/02

(21)Application number : 2000-400832

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 28.12.2000

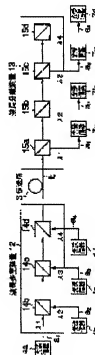
(72)Inventor : NAKAO MASATOSHI

## (54) WAVELENGTH MULTIPLEX TRANSMISSION SYSTEM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To equalize the signal quality of optical signals of multiplexed and demultiplexed wavelengths.

**SOLUTION:** The wavelength multiplex transmission system which has a wavelength multiplexing device 12, a wavelength demultiplexing device 13, and a transmission line 3 connecting the both together is equipped with a plurality of optical elements 14b to 14d which are arrayed mutually in series with the wavelength multiplexing device and multiplex optical signals having wavelengths determined by their own physical characteristics with optical signals inputted from precedent stages and sends the resulting signals out to the following stages. Further, the system is equipped with optical elements 15a to 15d which are arrayed mutually in series with the wavelength demultiplexing device and demultiplex optical signals having wavelengths determined by their own physical characteristics from optical signals inputted from the precedent stages and send the optical signals demultiplexed out to the following stages. Then the array order along the signal path of the optical elements of the respective wavelengths of the wavelength multiplexing device and the array order along the signal path of the light elements of the respective wavelengths of the wavelength demultiplexing devices are set equal to each other.



(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-204207  
(P2002-204207A)

(43) 公開日 平成14年7月19日 (2002.7.19)

(51) IntCl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ネットワーク* (参考)
H 0 4 B 10/02		H 0 4 B 9/00	U 5 K 0 0 2
H 0 4 J 14/00			E
14/02			

審査請求 未請求 請求項の数9 ○L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2000-400832(P2000-400832)

(22) 出願日 平成12年12月28日 (2000.12.28)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 中尾 雅俊

東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝  
府中事業所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴木 武彦 (外6名)

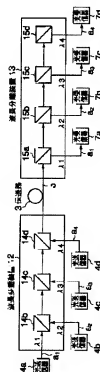
Fターム(参考) 5K002 AA01 AA03 BA05 DA02 DA09  
FA01

## (54) 【発明の名称】 波長多重伝送システム

## (57) 【要約】

【課題】 多重・分離される各波長の光信号の信号品質を均一化する。

【解決手段】 波長多重装置12と波長分離装置13と両者を接続する伝送路3を有する波長多重伝送システムにおいて、波長多重装置に対して、互いに直列配列され、前段から入力された光信号に自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を多重して次段へ送出する複数の光素子14b~14dを備える。また、波長分離装置に対して、互いに直列配列され、前段から入力された光信号から自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を分離し、分離された後の光信号を次段へ送出する複数の光素子15a~15dを備える。そして、波長多重装置における各波長の光素子の信号経路に沿った配列順序と波長分離装置における各波長の光素子の信号経路に沿った配列順序とを等しく設定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに波長が異なる複数の光信号を波長多重して送信する波長多重装置と、受信した波長多重された光信号を元の波長を有する複数の光信号に分離する波長分離装置と、前記波長多重装置と前記波長分離装置とを接続する伝送路とを備えた波長多重伝送システムにおいて、

前記波長多重装置は、互いに直列配列され、前段から入力された光信号に自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を多重して次段へ送出する複数の光素子を有し、前記波長分離装置は、互いに直列配列され、前段から入力された光信号から自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を分離し、分離された後の光信号を次段へ送出する複数の光素子を有し、

前記波長多重装置における各波長の光素子の信号経路に沿った配列順序と前記波長分離装置における各波長の光素子の信号経路に沿った配列順序とを等しく設定したことを特徴とする波長多重伝送システム。

【請求項2】 互いに直列接続され、光受信器及び互いに波長が異なる光信号を出力する光送信器を有した複数のローカルノードと、複数の光受信器及び互いに波長が異なる光信号を出力する複数の光送信器を有したセンターノードと、前記複数のローカルノードと前記センターノードとを接続する伝送路とを備えた波長多重伝送システムであって、

前記直列接続された各ローカルノードは、前段から入力された光信号に自己の光送信器から出力された光信号を多重してセンターノード側へ送出する光素子と、センターノード側から入力された光信号から自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を分離して自己の光受信器へ印加し、かつ分離された後の光信号を次段へ送出する光素子とを有し、

前記センターノードは、互いに直列配列され、ローカルノード側から入力された光信号から自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を分離して各光受信器へ印加し、かつ分離された後の光信号を次段へ送出する複数の光素子と、互いに直列配列され、前段から入力された光信号に光送信器から出力された光信号を多重してローカルノード側へ送出する複数の光素子とを有し、

前記直列接続された全てのローカルノードに亘る各波長の光素子の信号経路に沿った配列順序と前記センターノードにおける各波長の光素子の信号経路に沿った配列順序とを等しく設定したことを特徴とする波長多重伝送システム。

【請求項3】 1個以上の光受信器及び互いに波長が異なる光信号を出力する1個以上の光送信器を有した複数のローカルノードと、複数の光受信器及び互いに波長が異なる光信号を出力する複数の光送信器を有したセンターノードと、前記複数のローカルノードと前記センターノードとをリング状に接続する伝送路とを備えた波長多

重伝送システムであって、

前記伝送路を介して直列接続された各ローカルノードは、前段から入力された光信号から自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を分離して自己の光受信器へ印加する光素子と、この光素子で分離された後の光信号に自己の光送信器から出力された光信号を多重して後段へ送出する光素子とを有し、

前記センターノードは、互いに直列配列され、前段から入力された光信号に光送信器から出力された光信号を多重してローカルノード側へ送出する複数の光素子と、互いに直列配列され、ローカルノード側から入力された光信号から自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を分離して光受信器へ印加し、かつ分離された後の光信号を次段へ送出する複数の光素子とを有し、

前記直列接続された全てのローカルノードに亘る各波長の光素子の信号経路に沿った配列順序と前記センターノードにおける各波長の光素子の信号経路に沿った配列順序とを等しく設定したことを特徴とする波長多重伝送システム。

【請求項4】 前記伝送路を介して直列接続されたローカルノードは、前段から入力された光信号から自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を分離して自己の光受信器へ印加する光素子と、この光素子で分離された後の光信号に、自己の光送信器から出力され、前記分離された光信号の波長と同一波長を有した光信号を多重して後段へ送出する光素子とを有することを特徴とする請求項3記載の波長多重伝送システム。

【請求項5】 前記伝送路を介して直列接続されたローカルノードは、自己のローカルノードより前記伝送路における信号経路の上流側に位置する他のローカルノードにおける光素子で分離された後の光信号に、前記分離された光信号の波長と同一波長を有した光信号を多重して後段へ送出する光素子とを有することを特徴とする請求項3記載の波長多重伝送システム。

【請求項6】 前記センターノードでのある波長の光信号における光送信器の出力パワーと前記ローカルノードでの多重する同一波長の光信号における光送信器の出力パワーとの差と、前記センターノードの光送信器からローカルノードで同一波長を多重する光素子までの全損失と、ローカルノードにおいて同一波長の光信号を分離する際に分離できずに残留する光信号の割合との和が35dB以下であることを特徴とする請求項5記載の波長多重伝送システム

【請求項7】 前記各ローカルノードに設けられた光送信器は、前記センターノードに設けられた各光送信器が出力する光信号の波長と異なる波長を有した光信号を出力し、前記センターノードにおける入力された光信号を分離する各光素子の物理特性は、前記各ローカルノードの各光送信器から出力される各光信号の波長で定められている

ことを特徴とする請求項3記載の波長多重伝送システム。

【請求項8】 前記各光素子は、入射した光信号のうち該当光素子の物理特性で定まる波長を有する光信号のみを透過し、他の波長を有する光信号を反射する光多層膜フィルタであることを特徴とする請求項1から7のいずれか1項記載の波長多重伝送システム。

【請求項9】 前記各光素子は、入射した光信号のうち該当光素子の物理特性で定まる波長を有する光信号のみを反射し、他の波長を有する光信号を透過する光多層膜フィルタであることを特徴とする請求項1から7のいずれか1項記載の波長多重伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、送信側で互いに波長が異なる複数の光信号を波長多重して伝送路を介して受信側に送信し、この受信側で元の各波長を有した複数の光信号に分離する波長多重化システムに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光通信技術の進歩により、1本の光ファイバで伝送可能な通信容量が飛躍的に増加している。この種の通信技術としては、光信号を波長毎に多重化して伝送する波長多重化(WDM: Wavelength Division Multiplexing)伝送技術がある。この波長多重化(WDM)技術によれば、従来の約100倍の光信号が伝送可能となった。

【0003】このような波長多重化(WDM)技術を利用して各ノード相互間で光信号を送受信する波長多重伝送システムは例えば図13に示すよう構成されている。すなわち、この波長多重伝送システムにおいては、送信ノード1と受信ノード2とを例えば光ファイバからなる伝送路3で接続している。

【0004】送信ノード1側において、各光送信機4はそれぞれ異なる波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ を有する光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ を出力する。各光送信機4から出力された光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ は合波器5で1つの光信号bに合波(波長多重)される。送信ノード1から出力された光信号bは伝送路3を介して受信ノード2へ入力される。受信ノード2側において、入力された光信号bは分光器6において、それぞれ各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ を有する元の各光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ に分離されて、各光受信機7へ入力される。

【0005】合波器5及び分光器6としては、特開平10-84333号公報にいくつかの例が掲載されている。例えば、AWG(アレイ導波路格子型光導波路)は、図15(a)に示すように、回折格子に所定の入射角で入射された光は異なる波長を有する複数の光に分光される光学特性を利用している。

【0006】この図15(a)に示すAWGを合波器5として用いる場合、入力側の各ポートにそれぞれ異なる

波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ の光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ を入力すると、出力側のポートから波長多重された1つの光信号bが出力される。逆にAWGを分光器6として用いる場合は、入力側のポートと出力側のポートとを逆にすることでよく、波長多重された光信号bが各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ 毎に分離された各光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ が各出力ポートから出力される。

【0007】したがって、図13に示した波長多重伝送システムにおいて、合波器5及び分光器6として全く同じAWGが使用される。さらに、AWGでは多重または分離する波長数が増加しても挿入損失がさほど増加しないことや、各波長の損失ばらつきが小さいことなどの利点あり、多波長のシステムでよく利用される。

【0008】図14は、合波器5及び分光器6の代りに光多層膜フィルタが組込まれた波長多重伝送システムの概略構成図である。

【0009】この光多層膜フィルタの動作原理を図15(b)(c)を用いて説明する。この光多層膜フィルタは入射した光信号bのうち膜厚 $t_2$ 等の該当光多層膜フィルタの物理特性で定まる波長 $\lambda_2$ を有する光信号 $a_2$ のみを透過し、他の波長を有する光信号を反射する。

【0010】したがって、図15(b)に示すように、複数の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ を有する光信号bから特定波長 $\lambda_2$ を有する光信号 $a_2$ のみを分離する光分路器として使用できる。さらに、図15(c)に示すように、特定波長 $\lambda_2$ を有する光信号 $a_2$ を透過することによって、この特定波長 $\lambda_2$ を有する光信号 $a_2$ を他の波長 $\lambda_1$ を有する光信号 $a_1$ に多重できる。

【0011】図14に示す波長多重伝送システムにおいては、各光送信機4から入力された各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ の光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ は波長多重装置8で1つの光信号bに多重化されて、光ファイバからなる伝送路3を介して波長分離装置9に入力されている。波長分離装置9は、入力された光信号bをそれぞれ各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ を有する元の各光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ に分離して各光受信機7へ送出する。

【0012】波長分離装置9において、入力ポートに波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ までの各光信号 $a_1 \sim a_4$ が多重された光信号bが入力される。最初の光多層膜フィルタからなる光素子10aで、 $\lambda_1$ の波長の光信号 $a_1$ を分離し、残りの $\lambda_2$ から $\lambda_4$ の波長を有した光信号を出力ポートから出力する。

【0013】この光素子10aから出力される次の $\lambda_2$ から $\lambda_4$ の波長を含む光信号を次の光素子10bで $\lambda_2$ の光信号 $a_2$ を分離する。このように、直接接続された各光素子10a $\sim$ 10cで1波長ずつ順に分離する。最終の波長 $\lambda_4$ の光信号 $a_4$ に対しては、それまでの各光素子10a $\sim$ 10cで取り除ききれなかった $\lambda_1$ から $\lambda_3$ までの各波長の光信号成分、すなわちクロストーク

成分を取り除くために、やはり光素子10dが必要である。

【0014】波長多重装置8においては、波長分離装置9で必要であった最終段の光素子10dは不要であるので、光素子11cにて波長4と波長3の各光信号 $a_4$ 、 $a_3$ を多重し、直列接続された各光素子11b、11aで、順に波長2、1の各光信号 $a_2$ 、 $a_1$ を多重して1つの光信号bとして出力する。

【0015】次に、このような構成の光多重伝送システムにおける各光素子10a~10d、11a~11cの挿入損失を考える。

【0016】光多層膜フィルタからなる各光素子10a~11cの挿入損失は、図13に示すAWGの挿入損失の1/4程度なので、最も挿入損失の大きい波長4の光信号 $a_4$ に対しては、波長分離装置9での挿入損失がAWGでの挿入損失とほとんど等しいことになる。このように、光多層膜フィルタの光素子10a~11cを使用した図14に示す波長多重伝送システムにおいては、合波及び分離する波長数が増大するにつれて、挿入損失が増加する問題が生じる。

【0017】なお、光の合波分波器としては、上述したAWG又は光多層膜フィルタの他に、ファイバグレーティングフィルタと方向性結合器を使用する方法がある。しかしながら、この方法は、光多層膜フィルタと同様に、1波長のみ多重分離する光素子を直列接続して、複数波長を多重分離する方法である。したがって、光多層膜フィルタと同様に、波長数が増加するにつれて挿入損失が増大する。

【0018】次に、各光送信器4から出力された各波長1~4を有する各光信号 $a_1 \sim a_4$ が最終的に各光受信器7に入力されるまでに被る挿入損失を検証する。

【0019】各光素子10a~11cにおける挿入損失を $\beta$  [dB]とすると、波長1の光信号 $a_1$ の信号経路には、2個の光素子11a、10aが挿入されているので、この波長1の光信号 $a_1$ の合計の挿入損失は2 $\beta$  [dB]となる。また、波長2の光信号 $a_2$ の合計の挿入損失は4 $\beta$  [dB]となる。同様に、波長3の光信号 $a_3$ の合計の挿入損失は6 $\beta$  [dB]となる。さらに、波長4の光信号 $a_4$ の合計の挿入損失は7 $\beta$  [dB]となる。

【0020】このように、各光信号 $a_1 \sim a_4$ によって、合計の挿入損失が大きく変動する。しかしながら、長距離の波長多重伝送システムにおいては、伝送路3に光増幅器が設置されることが多いので、この各光信号 $a_1 \sim a_4$ における合計の挿入損失のバラツキは、光増幅器の増幅率が十分吸収され、波長数の少ない範囲であれば、信号の伝送品質に大きな影響を与えることはない。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、近年、光伝送システム上を伝送されるデータの通信量が増大

し、従来、長距離の通信幹線にしか適用されなかった波長多重伝送方式が、比較的短距離の光伝送システムにも適用されるようになってきた。

【0022】長距離の光伝送システムでは、システムの敷設コストが高いため、システムの運用当初から多くの波長を多重化する多波長で運用される。これに対して、比較的短距離の光伝送システムでは、システム敷設コストは相対的に低いため、装置コストをできるだけ低く抑える必要がある。このため、短距離の光伝送システムではデータ伝送の需要のすくないシステム立上げ時点においては、少ない波長を多重化する少波長数でスタートし、需要に応じて波長を増やしていけるシステムが望ましい。また、光増幅器を使用しないで、できるだけ長距離まで伝送することが重要である。

【0023】図13に示す波長多重伝送システムにおいては、波長の合波分波器としてAWGを用いているので、多波長では比較的低損失になるが、波長数の少ないところでも大きな挿入損失が残るため、波長数の少ない状態から波長数を増加する波長多重伝送システムに適用すると、挿入損失が大きくなるため伝送距離に制限を受ける。

【0024】また、少ない波長数の場合にも多ポートのAWGを設置する必要がある。そのため、初期のシステムコストが高くなる。

【0025】一方、図14に示す光多層膜フィルタ、又はファイバグレーティングフィルタと方向性結合器を使用した波長多重伝送システムにおいては、徐々に多重化する波長数を増加させることは容易であるが、波長数の増加と共に挿入損失も増大する。損失の増大を補うために、光増幅器を使用することは可能であるが、短距離のシステムではできるかぎり不要なコストを省略したい。

【0026】本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、各波長を有する光信号を多重したり光信号を分離するための各光素子の配列順序を指定することによって、各波長を有する光信号の信号経路内に挿入される光素子数を全ての光波長に亘ってほぼ均一化でき、光増幅器なしに、全ての光波長に亘ってほぼ均一の高い伝送品質を維持した状態で、少ない波長数から徐々に波長数を増加させることのできる波長多重伝送システムを提案することを目的とする。

【0027】

【課題を解決するための手段】本発明は、互いに波長が異なる複数の光信号を波長多重して送信する波長多重装置と、受信した波長多重された光信号を元の波長を有する複数の光信号に分離する波長分離装置と、波長多重装置と波長分離装置とを接続する伝送路とを備えた波長多重伝送システムに適用される。

【0028】そして、上記課題を解消するために、本発明の波長多重伝送システムにおける波長多重装置は、互いに直列配列され、前段から入力された光信号に自己の

物理特性で定まる波長を有する光信号を多重して次段へ送出する複数の光素子を有している。また、波長分離装置は、互いに直列配列され、前段から入力された光信号から自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を分離し、分離された後の光信号を次段へ送出する複数の光素子を有する。

【0029】そして、波長多重装置における各波長の光素子の信号経路に沿った配列順序と波長分離装置における各波長の光素子の信号経路に沿った配列順序とを等しく設定している。

【0030】このように構成された波長多重伝送システムにおいては、直列接続された波長多重装置内において、直列接続された複数の光素子における例えば先頭に位置する光素子で多重されたある波長の光信号は、直列接続された波長分離装置内において、直列接続された複数の光素子における先頭に位置する光素子で分離される。同様に、2番目の光素子で多重された光信号は、2番目の光素子で分離される。

【0031】したがって、各波長の光信号の多重されてから分離されるまでの信号経路に存在する光素子数を全ての波長の光信号に亘って、ほぼ均一化できる。その結果、全ての波長の光信号に亘って、挿入損失を均一化でき、各光信号の信号品質を均一化できる。

【0032】また、別の発明は、互いに直列接続され、光受信器及び互いに波長が異なる光信号を出力する光送信器を有した複数のローカルノードと、複数の光受信器及び互いに波長が異なる光信号を出力する複数の光送信器を有したセンターノードと、複数のローカルノードとセンターノードとを接続する伝送路とを備えた波長多重伝送システムに適用される。

【0033】そして、上記課題を解消するために、この発明の波長多重伝送システムにおける直列接続された各ローカルノードは、前段から入力された光信号に自己の光送信器から出力された光信号を多重してセンターノード側へ送出する光素子と、センターノード側から入力された光信号から自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を分離して自己の光受信器へ印加し、かつ分離された後の光信号を次段へ送出する光素子とを有している。

【0034】さらに、センターノードは、互いに直列配列され、ローカルノード側から入力された光信号から自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を分離して各光受信器へ印加し、かつ分離された後の光信号を次段へ送出する複数の光素子と、互いに直列配列され、前段から入力された光信号に光送信器から出力された光信号を多重してローカルノード側へ送出する複数の光素子とを有している。

【0035】そして、直列接続された全てのローカルノードに亘る各波長の光素子の信号経路に沿った配列順序とセンターノードにおける各波長の光素子の信号経路に沿った配列順序とを等しく設定している。

【0036】このように構成された波長多重伝送システムにおいては、各ローカルノードとセンターノードとの間で波長多重された光信号を用いた情報交換が可能である。この場合においても、各ローカルノードからセンターノードへの信号経路又はセンターノードから各ローカルノードへの信号経路において、先の発明と同様に、ローカルノード側の各光素子の配列順序とセンターノード側の各光素子の配列順序を等しく設定している。したがって、各波長の光信号の挿入損失をほぼ等しくできる。

【0037】また、別の発明は、1個以上の光受信器及び互いに波長が異なる光信号を出力する1個以上の光送信器を有した複数のローカルノードと、複数の光受信器及び互いに波長が異なる光信号を出力する複数の光送信器を有したセンターノードと、複数のローカルノードとセンターノードとをリンク状に接続する伝送路とを備えた波長多重伝送システムに適用される。

【0038】そして、この発明においては、伝送路を介して直列接続された各ローカルノードは、前段から入力された光信号から自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を分離して自己の光受信器へ印加する光素子と、この光素子で分離された後の光信号に自己の光送信器から出力された光信号を多重して後段へ送出する光素子とを有する。

【0039】また、センターノードは、互いに直列配列され、前段から入力された光信号に光送信器から出力された光信号を多重してローカルノード側へ送出する複数の光素子と、互いに直列配列され、ローカルノード側から入力された光信号から自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を分離して光受信器へ印加し、かつ分離された後の光信号を次段へ送出する複数の光素子とを有する。

【0040】そして、直列接続された全てのローカルノードに亘る各波長の光素子の信号経路に沿った配列順序とセンターノードにおける各波長の光素子の信号経路に沿った配列順序とを等しく設定している。

【0041】このように構成された波長多重伝送システムにおいては、センターノードと各ローカルノードとは伝送路でリング状に接続されている。そして、各ローカルノードは、センターノードから送信された波長多重された光信号から自己宛の光信号を分離するための光素子と、自己からセンターノード宛の光信号を波長多重するための光素子とが組込まれている。

【0042】そして、先の発明と同様に、ローカルノード側の各光素子の配列順序とセンターノード側の各光素子の配列順序を等しく設定しているため、各波長の光信号の挿入損失をほぼ等しくできる。

【0043】また、別の発明は、上記発明の波長多重伝送システムにおける伝送路を介して直列接続されたローカルノードは、前段から入力された光信号から自己の物理特性で定まる波長を有する光信号を分離して自己の光

受信器へ印加する光子と、この光子で分離された後の光子に、自己の光送信器から出力され、分離された光子の波長と同一波長を有した光子を多重して後段へ送出する光子とを有する。

【0044】このように構成された波長多重伝送システムにおいては、各ローカルノードは、自己に与えられた波長を有し、センターノードから受信した自己に与えられた波長の自己宛の光子を分離し、分離した後の光子に、自己に与えられた波長のセンターノード宛の光子を多重する。

【0045】また、別の発明は、上記発明の波長多重伝送システムにおける伝送路を介して直列接続されたローカルノードは、自己のローカルノードより伝送路における信号経路の上流側に位置する他のローカルノードにおける光子で分離された後の光子に、前記分離された光子の波長と同一波長を有した光子を多重して後段へ送出する光子とを有する。

【0046】このように構成された波長多重伝送システムにおいては、ローカルノード相互間に存在する伝送路や他のローカルノードの光子で上流のローカルノードで漏れた該当波長の光子レベルを低下できる。

【0047】さらに、別の発明は、上記発明の波長多重伝送システムにおいて、センターノードでのある波長の光子における光送信器の出力パワーとローカルノードでの多重する同一波長の光子における光送信器の出力パワーとの差と、センターノードの光送信器からローカルノードで同一波長を多重する光子までの全損失と、ローカルノードにおいて同一波長の光子を分離する際に分離できずに残留する光子の割合との和が35dB以下に設定されている。

【0048】このように、クロストークの仕様を35dB以下に設定することにより、センターノードで受信する光子の信号品質を一定レベル以上に確保できる。

【0049】また、別の発明は、上述した発明の波長多重伝送システムにおける各ローカルノードに設けられた光送信器は、センターノードに設けられた各光送信器が出力する光子の波長と異なる波長を有した光子を出力する。また、センターノードにおける入力された光子を分離する各光子の物理特性は、各ローカルノードの各光送信器から出力される各光子の波長で定められている。

【0050】このように構成された波長多重伝送システムにおいては、センターノードから各ローカルノードへ送信する各光子の波長と、各ローカルノードからセンターノードへ送信する各光子の波長とが一致しないので、上述したクロストークの問題は生じない。

【0051】さらに、別の発明は、上述した各発明における各光子として、入射した光子のうち該当光子の物理特性で定まる波長を有する光子のみを透過し、他の波長を有する光子を反射する光多層膜フィルタを

採用している。

【0052】さらに、別の発明は、上述した各発明における各光子として、入射した光子のうち該当光子の物理特性で定まる波長を有する光子のみを反射し、他の波長を有する光子を透過する光多層膜フィルタを採用している。

【0053】前述したように光多層膜フィルタは、波長合波機能と波長分離機能とを有するので、この波長多重伝送システムにおいて、波長毎に異なる物理特性を有する1種類の光子を組み合わせるのみでよい。

【0054】

【発明の実施の形態】以下、本発明の各実施形態を図面を用いて説明する。

（第1実施形態）図1は本発明の第1実施形態に係わる波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図である。図13、図14に示す従来の波長多重伝送システムと同一部分には同一符号を付して重複する部分の詳細説明を省略する。

【0055】この第1実施形態の波長多重伝送システムにおいては、送信側の波長多重装置12と受信側の波長分離装置13とを例えば光ファイバからなる伝送路3で接続している。送信側の波長多重装置12内において、光の信号経路に沿って、図15(b)(c)に示す機能を有する前述した光多層膜フィルタからなる3個の光子14b、14c、14dが直列接続されている。

【0056】光送信器4bから出力された波長λ2の光子a<sub>1</sub>は、光子14bにて光送信器4aから出力された波長λ1の光子a<sub>1</sub>に波長多重されて次の光子14cへ入射される。光子14cは、光送信器4cから出力された波長λ3の光子a<sub>3</sub>を光子14bから出力された光子に波長多重（合波）して、次の光子14dへ入射する。光子14dは、光送信器4dから出力された波長λ4の光子a<sub>4</sub>を光子14cから出力された光子に波長多重（合波）して、この波長多重装置12から伝送路3へ各波長λ1～λ4を有した4つの光子a<sub>1</sub>～a<sub>4</sub>を多重した1つの光子bとして送出する。

【0057】また、受信側の波長分離装置13内において、光の信号経路に沿って、前述した光多層膜フィルタからなる4個の光子15a、15b、15c、15dが直列接続されている。

【0058】伝送路3を介して入力された各波長λ1～λ4を有した4つの光子a<sub>1</sub>～a<sub>4</sub>が波長多重された光子bは先頭の光子15aへ入射される。光子15aは、光子bから波長λ1を有する元の光子a<sub>1</sub>を分離して光受信器7aへ印加するとともに、分離された後の光子を次の光子15bへ送出する。光子15bは、前段の光子15aから入力された光子から波長λ2を有する元の光子a<sub>2</sub>を分離して光受信器7bへ印加するとともに、分離された後の光子を次の

光素子15cへ送出する。

【0059】光素子15cは、前段の光素子15bから入力された光信号から波長 $\lambda_3$ を有する元の光信号 $a_3$ を分離して光受信器7cへ印加するとともに、分離された後の光信号を次段の光素子15dへ送出する。

【0060】光素子15dは、前段の光素子15cから入力された光信号から波長 $\lambda_4$ を有する元の光信号 $a_4$ を分離して光受信器7dへ印加する。本来、光素子15cで分離された光信号には波長 $\lambda_4$ を有する元の光信号 $a_4$ のみが含まれる筈であるが、雑音や他の微小波長成分が含まれるので、光素子15dでこれらの不要波長成分を除去する。

【0061】このように構成された第1実施形態の波長多重伝送システムにおいて、光多層膜フィルタからなる各光素子14b~14d、15a~15dの挿入損失を $\alpha$  [dB]と仮定する。送信側の波長多重装置12において、波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ と波長 $\lambda_2$ の光信号 $a_2$ は光素子14b~14dを3回路通過するため、波長多重装置12内での挿入損失として $3\alpha$  [dB]を受ける。同様に、波長 $\lambda_3$ は $2\alpha$  [dB]、波長 $\lambda_4$ は $\alpha$  [dB]の損失を受ける。

【0062】受信側の波長分離装置13での各波長における挿入損失を考えると、図1から理解できるように、波長 $\lambda_1$ では $\alpha$  [dB]、波長 $\lambda_2$ では $2\alpha$  [dB]、波長 $\lambda_3$ と波長 $\lambda_4$ は $3\alpha$  [dB]の損失を受ける。

【0063】この結果、伝送路3で受ける伝送損失以外の波長多重伝送システム全体としての損失として、波長 $\lambda_1$ は $4\alpha$  [dB]、波長 $\lambda_2$ から波長 $\lambda_4$ は $5\alpha$  [dB]を受けることになる。各波長間の挿入損失のバラツキは1光素子分に抑えられ、最大損失も図14に示す従来システムでは7光素子分であったところが5光素子分ですむことになる。

【0064】仮に、各光素子における1回の損失が1.5 dB程度とし、通常の伝送路3に採用されるシングルモードファイバの挿入損失を0.3 dB/kmと仮定すると、実施形態システムにおいては、従来システムと比較して、光増幅器を採用することなく、伝送距離にして10 km余分に伝送できることになる。

【0065】次に、このように構成された第1の実施形態システムにおいて、新たな波長 $\lambda_5$ の光信号 $a_5$ を追加する場合を、図2を用いて説明する。送信側の波長多重装置12において、最も伝送路3に近い光素子14dの出力ポートと伝送路3との間に、光送信器4eから出力された波長 $\lambda_5$ の光信号 $a_5$ を多重する光素子14eを追加する。

【0066】また、受信側の波長分離装置13において、最も伝送路3から遠い波長 $\lambda_4$ の光信号 $a_4$ を分離した後の光素子15dの出力ポートに、波長 $\lambda_5$ の光信号 $a_5$ を分離して光受信器7eに印加する光素子15eを追加すればよい。

【0067】なお、逆に、送信側で伝送路3から最も遠い波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ の入力端に、この波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ に波長 $\lambda_5$ の光信号 $a_5$ を多重する光素子14eを追加し、受信側で伝送路1の信号 $a_1$ を分離する光素子15aと伝送路3との間に波長 $\lambda_5$ の光信号 $a_5$ を分離する光素子15eを追加してもよい。

【0068】このように、一旦、構築して稼働中の波長多重伝送システムに対して、簡単に新規波長を有した光信号を追加することができる。

【0069】(第2実施形態) 図3は本発明の第2実施形態に係わる波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図である。図1、図2に示す第1実施形態の波長多重伝送システムと同一部分には同一符号を付して重複する部分の詳細説明を省略する。

【0070】この第2実施形態の波長多重伝送システムにおいては、送信側の波長多重装置12a内に、0系、1系と2つの送信部を設け、光スイッチ16aによって、どちらの送信部を伝送路3に接続するかを設定可能に構成されている。同様に、受信側の波長分離装置13a内に、0系、1系と2つの受信部を設け、光スイッチ16bによって、どちらの受信部を伝送路3に接続するかを設定可能に構成されている。

【0071】このように波長多重装置12a及び波長分離装置13aを二重化することにより、新規波長 $\lambda$ の光信号 $a$ を追加する追加の際には、まず、光スイッチ16a、16bにより伝送路3から切り離されている系の信号路に新規波長 $\lambda$ の光信号 $a$ を多重する光素子、及び新規波長 $\lambda$ の光信号 $a$ を分離する光素子をそれぞれ追加する。次に、光スイッチ16a、16bにより伝送路3に接続する系を切り替える。そして、切り離された系に同様の手法にて新規波長 $\lambda$ の光信号 $a$ の各光素子を追加する。

【0072】したがって、この第2実施形態の波長多重伝送システムにおいては、稼働状態を維持した状態で、簡単に新規波長の光信号を追加設定できる。

【0073】(第3実施形態) 図4は本発明の第3実施形態に係わる波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図である。図1、図2に示す第1実施形態の波長多重伝送システムと同一部分には同一符号を付して重複する部分の詳細説明を省略する。

【0074】この第3実施形態の波長多重伝送システムは、一対の信号路19、19aを介して互いに直列接続された複数のローカルノード17a、17b、17cと、この複数のローカルノード17a、17b、17cに対して、一対の伝送路3a、3bを介して接続されたセンターノード18とで構成されている。

【0075】各ローカルノード17a、17b、17c、伝送路3a、3b、センターノード18内には、ローカルノードからセンターノードへ信号が流れる上り信号経路と、センターノードからローカルノードへ信号が



流れる下り信号経路とが形成されている。

【0076】まず、各ローカルノード17a、17b、17cからセンターノード18への上り信号経路における光信号の伝送について説明する。

【0077】センターノード18から最も近いローカルノード17aでは光送信器14aから出力された波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ を送出する。この光信号 $a_1$ には一つ隣のローカルノード17bにて光素子14bで光送信器4bから出力された波長 $\lambda_2$ の光信号 $a_2$ が多重される。さらに、センターノード18に最も近いローカルノード17cで光送信器4cから出力された波長 $\lambda_3$ の光信号 $a_3$ が多重され、一つの光信号 $b_1$ として伝送路3aを介してセンターノード18へ送信される。

【0078】センターノード18においては、伝送路3aから入力された光信号 $b_1$ に対し、このセンターノード18から最も近いローカルノード17aから送られた波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ を最初に光素子15aにより分離し、次に近いローカルノード17bから送られた波長 $\lambda_2$ の光信号 $a_2$ を光素子15bで分離し、最後に最も近いローカルノード17cからの光信号 $a_3$ を光素子15cで抽出する。

【0079】次に、センターノード18から各ローカルノード17a、17b、17cへの下り信号経路における光信号の伝送について説明する。

【0080】センターノード18において、このセンターノード18に最も近いローカルノード17cへ伝送する光送信器20cから出力された波長 $\lambda_3$ の光信号 $a_3$ に次に近いローカルノード17bへ伝送する光送信器20bから出力された波長 $\lambda_2$ の光信号 $a_2$ を光素子21bで多重する。次に最も近いローカルノード17aへ伝送する光送信器20aから出力された波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ を光素子21aで多重して伝送路3bへ送出する。

【0081】各ローカルノード17c、17b、17aは順番に自己内の光素子23c、23b、23aを用いて自己宛の各光信号 $a_3$ 、 $a_2$ 、 $a_1$ を分離して、各光受信器22c、22b、22aへ印加する。

【0082】このような構成の第3実施形態の波長多重伝送システムにおいても、各ローカルノード17a～17cからセンターノード18への上り信号経路、及びセンターノード18から各ローカルノード17a～17cへの下り信号経路における各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ の各光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ の信号路には、ほぼ等し数の光素子が介在するので、上述した第1、第2の実施形態の波長多重伝送システムとほぼ同様の作用効果を奏することが可能である。

【0083】さらに、この第3実施形態の波長多重伝送システムにおいて、あるローカルノードにおいて2つ以上の波長が必要な場合がある。このような場合、ローカルノードでは2つ以上の光信号を順に多重し、センターノードでは遠い方の波長の光信号から順に分離すればよ

い。

【0084】図5にこの場合の例を示す。ローカルノード17cでは2つの波長 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ の各光信号 $a_3$ 、 $a_4$ を順番に多重する。センターノード18では、センターノード18から遠い順に各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ の光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ を順番に分離していく。また、センターノード18から各ローカルノード17a～17cへの各波長 $\lambda_1$ ～ $\lambda_4$ の光信号 $a_1$ ～ $a_4$ の伝送も同様に、センターノード18に近い順に波長 $\lambda_4$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_1$ の順に多重して伝送路3bへ出力する。

【0085】(第4実施形態) 図6は本発明の第4実施形態に係る波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図である。図4、図5に示す第3実施形態の波長多重伝送システムと同一部分には同一符号を付して重複する部分の詳細説明を省略する。

【0086】この第4実施形態の波長多重伝送システムにおいては、1台のセンターノード24と3台のローカルノード25a、25b、25cが伝送路26でリング状に接続されている。

【0087】センターノード24では、光送信器20aから出力された波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ に光素子21bで光送信器20bから出力された波長 $\lambda_2$ の光信号 $a_2$ を多重し、次に $\lambda_3$ の光信号 $a_3$ を多重、最後に $\lambda_4$ の光信号 $a_4$ を多重する。

【0088】リング状の伝送路26上にはセンターノード24の送信端に近い順に3台のローカルノード25a、25b、25cが設置されている。最も送信端に近いローカルノード25aでは波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ を分離する。次に近いローカルノード25bでは波長 $\lambda_2$ の光信号 $a_2$ を分離する。最も遠いローカルノード25cで波長 $\lambda_3$ の光信号 $a_3$ と波長 $\lambda_4$ の光信号 $a_4$ とを分離する。

【0089】ここで、図6に示したように各ローカルノード25a～25cでは、自己のローカルノード宛ての波長の光信号を分離した後に、同じ波長の光信号を挿入することができる。この多重された光信号はリング状の伝送路26を経緯してセンターノード24へ入力される。そして、このセンターノード24においては、センターノード24の受信端に最も近いローカルノード25aで挿入された波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ を最初に分離し、以下各ローカルノード25b、25cの設置順に波長 $\lambda_2$ 、波長 $\lambda_3$ 、波長 $\lambda_4$ の各光信号 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ を順番に分離していく。

【0090】このように構成された第4実施形態の波長多重伝送システムにおいても、各波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ の各光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ の信号路には、ほぼ等しい数の光素子が介在するので、上述した第1、第2、第3の実施形態の波長多重伝送システムとほぼ同様の作用効果を奏することが可能である。

【0091】さらに、この第4実施形態の波長多重伝送

システムにおいては、各ローカルノード25a、25b、25cは、センターノード24から自己宛の光信号 $a_1 \sim a_4$ を分離して自己内に取込むとともに、同一波長を用いてセンターノード24宛の光信号 $a_1 \sim a_4$ を多重する。すなわち、波長を再利用することが可能である。

【0092】(第5実施形態)図7、図8は本発明の第5実施形態に係る波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図である。図6に示す第4実施形態の波長多重伝送システムと同一部分には同一符号を付して重複する部分の詳細説明を省略する。

【0093】この第5実施形態の波長多重伝送システムにおいては、センターノード24と各ローカルノード25a、25b、25dとが2本の伝送路26a、26bで接続される。2本の伝送路26a、26b中を光信号は互いに逆方向に伝送する。

【0094】図7及び図8は全く同一のシステムであり、右回りと左回りそれぞれの装置構成を理解しやすいように図を分けている。図7には左回りの光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ を受受信するブロックを表示しており、図8は右回りの光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ を受受信するブロックを表示している。

【0095】各光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ の多重・分離の順番は図6に示す第4実施形態システムとほぼ同じである。伝送路26a上でセンターノード24を拠点に左回りにローカルノード25a、25b、25cが設置されている。

【0096】図7に示すように、左回りに伝送する光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ に対しては、センターノード24では、波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ に波長 $\lambda_2$ の光信号 $a_2$ を多重し、次に波長 $\lambda_3$ の光信号 $a_3$ を多重し、最後に波長 $\lambda_4$ の光信号 $a_4$ を多重する。左回りで最もセンターノード24の送信端に近いローカルノード25aでは波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ を分離する。次に近いローカルノード25bでは波長 $\lambda_2$ の光信号 $a_2$ を分離する。最も遠いローカルノード25cで波長 $\lambda_3$ の光信号 $a_3$ と波長 $\lambda_4$ の光信号 $a_4$ とを分離する。

【0097】ここで、各ローカルノード25a～25cでは、各ローカルノード宛ての波長の光信号を分離した後に、同じ波長の光信号を挿入する。この光信号は伝送路26aをそのまま左回りに伝送されセンターノード24で分離される。

【0098】センターノード24では、センターノード24の受信端に、最も遠い波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ を最初に分離し、以下ローカルノード25b、25cの順に波長 $\lambda_2$ 、波長 $\lambda_3$ 、波長 $\lambda_4$ の各光信号 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ を分離する。

【0099】図8に示すように、右回りの光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ も同様に、センターノード24では、 $\lambda_4$ の光信号 $a_4$ に波長 $\lambda_3$ の光信号 $a_3$ を多重し、次に波長 $\lambda_2$ の光信号 $a_2$ を多重、最後に波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$

を多重する。右回りで最もセンターノード24の送信端に近いローカルノード25cでは波長 $\lambda_4$ の光信号 $a_4$ と波長 $\lambda_3$ の光信号 $a_3$ とを分離する。次に近いローカルノード25bでは波長 $\lambda_2$ の光信号 $a_2$ を分離する。最も遠いローカルノード25aで波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ を分離する。

【0100】各ローカルノード25a～25cでは、各ローカルノード宛ての波長の光信号を分離した後に、同じ波長の光信号を挿入する。この光信号は伝送路26bをそのまま右回りに伝送されセンターノード24で分離される。

【0101】センターノード24では、センターノード24の受信端に最も遠いローカルノード25cでの波長 $\lambda_4$ 、波長 $\lambda_3$ の光信号 $a_4$ 、 $a_3$ を最初に分離し、以下ローカルノード25b、25aの順に波長 $\lambda_2$ 、波長 $\lambda_1$ の各光信号 $a_2$ 、 $a_1$ を分離する。

【0102】なお、この実施形態システムにおいては、右回りと左回りで同一の波長を使用しているが、全く異なる波長を使用してもよい。また、一つのローカルノード25a～25cで右回りと左回りで多重・分離する波長が異なってもよい。

【0103】さらに、この第5実施形態システムにおいては、センターノード24と各ローカルノード25a～25cとの間には右回りと左回りの双方向の伝送路26a、26bを利用して光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ の交換が可能である。通常は双方の伝送路26a、26bで別々の光信号を送信し、伝送路26a、26bや装置の一部に障害が発生した場合に、どちらか片方の伝送路26a、26bのみを使用して通信を継続することが可能である。

【0104】一つの方法として、片方の伝送路26a(26b)で優先度の高い信号を伝送し、他方の伝送路26b(26a)に優先度の低い信号を伝送しておく。例えば優先度の高い信号を左回り、優先度の低い信号を右回りで伝送する。伝送路26a、26bや装置の一部において故障で優先度の高い信号が伝送できなくなった場合、優先度の低い信号の伝送を中止して、右回りで優先度の高い信号を伝送することが可能である。

【0105】また、他の方法として、右回り、左回りで同じ信号を伝送しておき、受信側でどちらかの信号を選択する方法もある。この方法の場合どちらかの障害の場合に迅速に障害の回避を行うことが可能である。

【0106】さらに、この実施形態システムのように、リング状にシステムを構成すると障害の回避は容易である。このため、ローカルノード数を追加したり、一つのローカルノードで多重分離する波長を追加することが容易である。例えば上記の第一の障害回避方法を使用する場合は、優先度の低い信号に対する伝送路26b(26a)にまず波長を追加する。

【0107】例えば、図9に示すように、ローカルノード

ド25cとセンターノード24の間に新規のローカルノード25dを挿入し、波長 $\lambda_5$ を使用した光信号 $a_5$ の多重分離を行う場合を考える。優先度の低い信号を右回りとし、優先度の低い信号に対して波長 $\lambda_5$ の光信号 $a_5$ を追加する。このときセンターノード24での送信の各光信号 $a_1 \sim a_5$ の多重の順番は、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ 、 $\lambda_5$ であり、受信の光信号の分離の順番も同様に、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ 、 $\lambda_5$ である。

【0108】このように優先度の低い右回りの伝送路26bに波長やローカルノードを増設した後に、右回りの伝送路26bに優先度の高い信号を移せばよい。優先度の高い信号を右回りに移した後に左回りの伝送路26aにも波長やローカルノードを同様に増設する。双方に同じ信号を伝送している場合も同様に伝送路の片方に波長やローカルノードを増設し、その後他方の伝送路にも同様に波長やローカルノードを増設すればよい。

【0109】(第6実施形態) 図10は本発明の第6実施形態に係わる波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図である。図6に示す第4実施形態の波長多重伝送システムと同一部分には同一符号を付して重複する部分の詳細説明を省略する。

【0110】この第6実施形態の波長多重伝送システムにおいては、各ローカルノード25a、25b、25cで多重される光信号の波長と分離される光信号の波長とが異なる。これは、光多層膜フィルタ等の波長の分離を行う光素子で、分離される前の入射された光信号から完全に目的とする波長を取り除くことは難しく、わずかながら分離された後の光信号にも、分離しきれなかった波長の光信号成分が残留している。

【0111】このように分離した波長が漏れてくると、その後段の光素子で同じ波長の光信号を挿入(多重)した際に、両者の干渉により信号波形に劣化が生じる。そのため分離した波長のものを防ぐために、光多層膜フィルタを複数枚使用する方法がよく使われる。しかしながらこの方法では、光多層膜フィルタの構成が複雑になり、光多層膜フィルタの挿入損失も増大する。

【0112】そこで、この第6実施形態の波長多重伝送システムにおいては、各ローカルノードで分離する波長と多重する波長を別の波長に設定している。そのため、分離した波長の漏れ込みによる信号波形の劣化を抑制することが可能である。

【0113】具体的に説明すると、センターノード24では波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ の各光信号 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ をその順番に多重していく。ローカルノード25aでは波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ を分離して波長 $\lambda_5$ の光信号 $a_5$ を多重する。ローカルノード25bでは波長 $\lambda_2$ の光信号 $a_2$ を分離して波長 $\lambda_6$ の光信号 $a_6$ を多重する。さらに、ローカルノード25cでは波長 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ の各光信号 $a_3$ 、 $a_4$ を分離して、波長 $\lambda_7$ と波長 $\lambda_8$ の各光信号 $a_7$ 、 $a_8$ を多重する。

【0114】そして、センターノード24の受信側で、各ローカルノード25a、25b、25cで各波長の光信号 $a_5$ 、 $a_6$ 、 $a_7$ 、 $a_8$ を多重する順に、各波長 $\lambda_5$ 、 $\lambda_6$ 、 $\lambda_7$ 、 $\lambda_8$ の光信号 $a_5$ 、 $a_6$ 、 $a_7$ 、 $a_8$ を順に分離する。

【0115】(第7実施形態) 図11は本発明の第7実施形態に係わる波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図である。図10に示す第6実施形態の波長多重伝送システムと同一部分には同一符号を付して重複する部分の詳細説明を省略する。

【0116】この第7実施形態の波長多重伝送システムにおいては、リング状の伝送路26上における上流に位置するローカルノードで分離した光信号の波長を、この伝送路26上における下流に位置するローカルノードで多重する光信号の波長として再利用している。

【0117】具体的には、図11において、センターノード24で他の波長の光信号に多重されて伝送路26に出力された波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ は、最初のローカルノード25aで分路されて光受信器22aへ印加される。そして、このローカルノード25aに対して下流に設置されたローカルノード25cにおいて、同一波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ が挿入(多重)されて伝送路26を介してセンターノード24へ入力される。センターノード24で、この波長 $\lambda_1$ の光信号 $a_1$ は分離される。

【0118】このように、同一波長を再利用する場合、同一のローカルノードで再利用することではなく、伝送路を介して下流に位置する別のローカルノードで再利用することにより、ローカルノード相互間に存在する伝送路や他のローカルノードの光素子で上流のローカルノードで漏れた該当波長の光信号レベルを低下できる。したがって、再利用された後の波長の光信号の信号品質が向上する。

【0119】ここで、この波長の再利用を検証する。センターノード24でのある波長の光送信器の出力光パワーをP、次に同じ波長を再利用する時のその光送信器の出力パワーをP1、波長を分離する光多層膜フィルタからなる光素子での入力光に対する漏れ光の減衰の割合を $\alpha$ 、センターノードから次にその波長を挿入するローカルノードまでの伝送路損失の合計値を $\Sigma e$ 、通過する多層膜フィルタの損失の合計値を $\Sigma \alpha$ とすると、 $(P0 - P1 + \alpha + \Sigma e + \Sigma \alpha) < \text{クロストークの仕様}$ を満たすときに同じ波長を再利用できる。

【0120】ここで、クロストークの仕様はシステム設計の段階で各波長に必要な伝送距離、伝送特性から決定される値である。

【0121】この式を満足する範囲であれば同じ波長を再利用することが可能である。同じ波長を再利用すると波長多重伝送システム全体で使用する波長数を削減できる。波長数を削減すると隣接する波長間を広げることが可能となる。隣接する波長との間隔を広げると、光多層

膜フィルタからなる光素子の製造工程を簡単にすることが可能である。

【0122】例えば、本実施形態システムにおいて、クロストークの仕様を35 dB、センターノード24での波長λ1の光信器20aの光パワーを+5 dBm、ローカルノード25aでの波長λ1の光送信器14aの光パワーを+5 dBm、伝送路26の損失の合計値が6 dB、多層膜フィルタからなる光素子の損失の合計値9 dBとすると多層膜フィルタからなる光素子での入力光に対する漏れ光の割合は20 dBで良いことになる。

【0123】図12は、クロストーク量(dB)と、このクロストーク量(dB)のクロストークが発生した場合における信号のパナリティと称する受信感度の劣化量(dB)との関係を示す実験結果を示す図である。

【0124】光信号が最悪偏波状態であっても、クロストークの仕様を35 dB以下とすると、パナリティが約1 dBに押さえられることが理解できる。

【0125】なお、図12においては、横軸のクロストーク量(dB)は(ー)符号が付されているので、この実施形態システムにおける35 dB以下の条件は、グラフ上におけるー35 dB以下のー40 dB、ー50 dB、ー60 dBを含む。

【0126】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の波長多重伝送システムにおいては、各波長を有する光信号を多重するため各光素子の配列順序と、光信号を分離するための各光素子の配列順序とを等しく設定している。

【0127】したがって、各波長を有する光信号の信号経路内に挿入される光素子数を全ての光波長に亘ってほぼ均一化でき、光増幅器なしに、全ての光波長に亘ってほぼ均一の高い伝送品質を維持した状態で、少ない波長数から徐々に波長数を増加させることができる。

【0128】また、リング状の波長多重伝送システムのローカルノードにおいて、分離する波長と挿入する波長を別の波長とすることにより、使用する光素子の構成を簡略化し、伝送損失を削減することが可能である。

【0129】さらに、伝送路の損失と多重分離する光素子の損失を考慮して、ある光素子で分離した波長の光信号を別の光素子で多重することも可能で、この場合波長多重伝送システム全体で使用する波長数を削減することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係わる波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図

【図2】同第1実施形態に係わる波長多重伝送システムにおいて新規の波長を追加した場合の概略構成を示すブロック図

【図3】本発明の第2実施形態に係わる波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図

【図4】本発明の第3実施形態に係わる波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図

【図5】同第3実施形態に係わる波長多重伝送システムにおいて新規の波長を追加した場合の概略構成を示すブロック図

【図6】本発明の第4実施形態に係わる波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図

【図7】本発明の第5実施形態に係わる波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図

【図8】同じく本発明の第5実施形態に係わる波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図

【図9】同第5実施形態に係わる波長多重伝送システムにおいて新規のローカルノード及び新規の波長を追加した場合の概略構成を示すブロック図

【図10】本発明の第6実施形態に係わる波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図

【図11】本発明の第7実施形態に係わる波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図

【図12】クロストーク量とパナリティ量との関係を示す実験図

【図13】従来の波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図

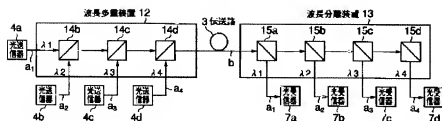
【図14】他の従来の波長多重伝送システムの概略構成を示すブロック図

【図15】波長の異なる光信号の多重及び分離を行う光素子の動作原理を説明するための図

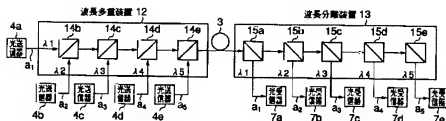
【符号の説明】

3、3a、3b、26、26a、26b…伝送路  
4a~4e、20a~20d…光送信器  
7a~7e、22a~22d…光受信器  
12、12a…波長多重装置  
13、13a…波長分離装置  
14a~14e、15a~15e、21a~21e、23a~23e…光素子  
16a、16b…光スイッチ  
17a~17c、25a~25c…ローカルノード  
18、24…センターノード  
19、19a…信号路

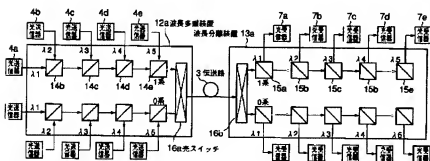
【図1】



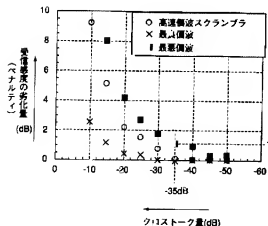
【図2】



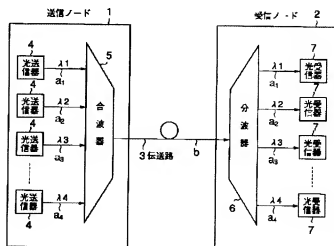
【図3】



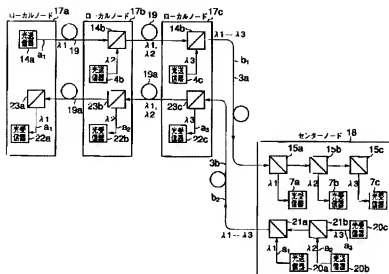
【図12】



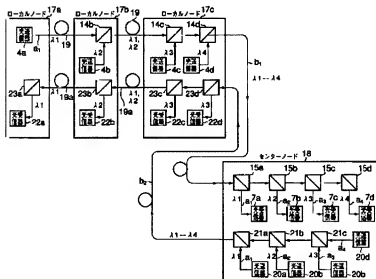
【図13】



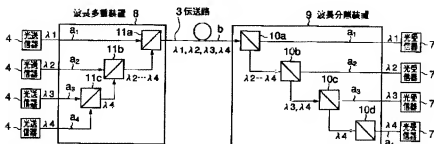
【図4】



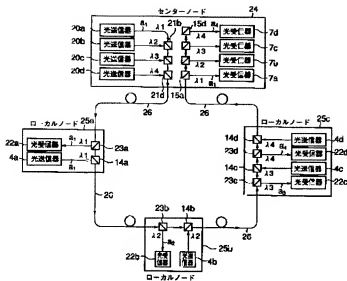
【図5】



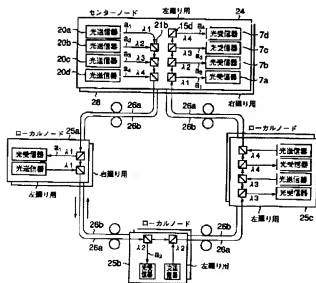
【図14】



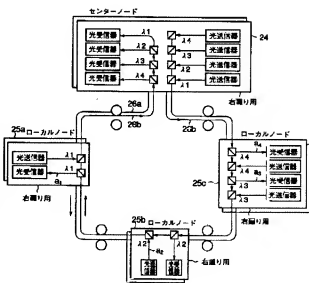
【图6】



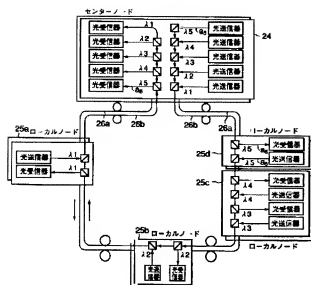
【图7】



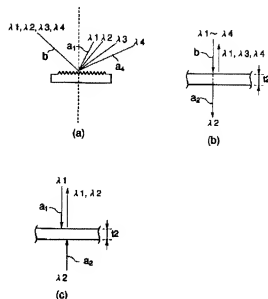
【图8】



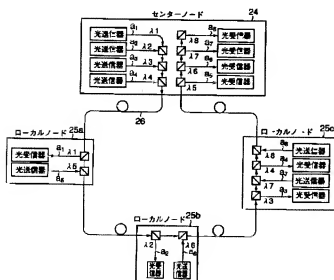
【図9】



【図15】



【図10】





【図11】

